Herrn Dr. E. F. Cyriax
Hochachtungsvoll
von
Edgar F. Cyriax
Verfasser

Über die Einwirkung des Trainierens auf die Leistungsfähigkeit des Muskels bei isometrischer Arbeit.

Von

A. F. Hellsten.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Helsingfors.)

Separat-Abdruck aus dem

Skandinavischen Archiv für Physiologie.

Neunzehnter Band.

1906.

HELLSTEN

-40455403
WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
welMOmec
pam
QT255
1906
H47u

Über die Einwirkung des Trainierens auf die Leistungsfähigkeit des Muskels bei isometrischer Arbeit.

Von

A. F. Hellsten.[1]

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Helsingfors.)

Einleitung.

Unter Trainieren versteht man das Bestreben durch Übung einen Muskel oder eine Muskelgruppe dazu zu bringen, die maximale Leistungsfähigkeit zu entwickeln. In der Praxis wird dieses Prinzip unter anderem durch die verschiedenen Arten von Sport zur Anwendung gebracht.

Wenn man die Rekorde vergleicht, welche von verschiedenen Individuen in verschiedenen Ländern und unter verschiedenen Zeiten innerhalb ein und desselben Sportgebietes erreicht worden sind, so stellen sich im allgemeinen nur ziemlich unbedeutende Differenzen dar. So beträgt z. B. beim Schnellschlittschuhlaufen auf recht bedeutenden Strecken die Differenz nur Bruchteile einer Sekunde. Dasselbe ist mit den Rekords innerhalb des Fahrradsportes und ebenso auf verschiedenen anderen Gebieten der Fall. Es scheint also, als ob man, wenigstens auf gewissen Gebieten, die maximale Leistungsfähigkeit bestimmter Muskelgruppen ziemlich nahe erreicht hat.

Bei messenden Versuchen über die Einwirkung der Übung auf die Leistungsfähigkeit des Muskels, fand Mosso[2], daß das Arbeitsvermögen im Laufe eines Monats immer noch anstieg, nach Lombard beträgt diese Zeit etwa 3 Wochen, nach Harley $1^1/_2$ und nach Scheffer 2 Monate. Nach Fechner nimmt das Arbeitsvermögen des Muskels während 41 Tagen, nach Prantner und Stowasser während 15 Tagen

[1] Der Redaktion am 10. Juli 1906 zugegangen.

[2] Die hierher gehörige Literatur ist in meiner früheren Abhandlung: Über den Einfluß von Alkohol, Zucker und Tee auf die Leistungsfähigkeit des Muskels, *dies Archiv.* Bd. XVI. 1904. S. 139 verzeichnet.

durch Übung zu. Diese verschiedenen Angaben zeigen, wie schwierig es zu konstatieren ist, wann der Muskel vollständig trainiert ist.

Bei meinen isometrischen Untersuchungen über die Einwirkung des Alkohols auf das Arbeitsvermögen des Muskels[1] zeigten sich im Verlauf des vorhergehenden Trainierens gewisse mehr oder minder regelmäßige Veränderungen in bezug auf das Arbeitsvermögen des Muskels. Um zu entscheiden, ob diese Veränderungen nur individuell waren, war es wünschenswert, neue Versuche an anderen Individuen vorzunehmen.

Frühling 1904 gelang es mir, einige akademisch gebildete junge Leute für derartige Untersuchungen zu interessieren; dieselben sollten sich zwecks Beteiligung an einem Wettrudern einen Monat lang trainieren, und schienen als Versuchspersonen zum vorliegenden Zweck besonders gut geeignet, da ihr spezielles Trainieren (Rudern) wesentlich der Arbeitsart gleicht, die ich bei meinen isometrischen Untersuchungen anwandte.

Die Arbeit wurde mit dem von mir früher beschriebenen, von Johansson konstruierten Ergographen in 2 Sekunden Takt ununterbrochen während einer Zeit von 6 bis 15 Minuten ausgeführt. Die Versuchspersonen wußten nicht, welche Resultate ich von den Versuchen erwartete, so daß Autosuggestion hier ausgeschlossen ist; den Leuten wurde einzig und allein anempfohlen, unter Beobachtung der von mir beschriebenen Technik, ihre ganze Energie aufzubieten, solange der Versuch dauern würde.

Daß meine Instruktionen gewissenhaft befolgt wurden, geht aus den Versuchsprotokollen hervor, welche in mehreren Fällen angeben, daß der Versuch fortgesetgt wurde, obgleich während der Arbeit Blasen auf den Händen erschienen, Krampfzuckungen in den niederen Extremitäten und andere Abnormitäten auftraten.

Unter solchen Umständen hätten sich weniger energische Versuchspersonen wahrscheinlich nicht bis zum Äußersten angestrengt, sondern auf allen weiteren Versuchen verzichtet.

Auch muß hervorgehoben werden, daß es eine notwendige Bedingung zur Erreichung genauer Resultate ist, daß die Versuchspersonen sich des Ernstes der Arbeit voll bewußt sind.

Außer den Versuchen am Ergographen trainierten sich die Versuchspersonen für ihre besondere Aufgabe auf eine sehr effektive Weise ein, indem sie täglich mehrere Kilometer ruderten, 3 bis 4 Kilometer liefen und noch 5 bis 6 Kilometer mit dem Fahrrad zurück-

[1] *Dies Archiv.* Bd. XIX. 1906. S. 208.

legten. Der Ernst, den die Versuchspersonen ihrem Trainieren widmeten, ist auch daraus ersichtlich, daß ihr Körpergewicht während der Trainierungszeit merkbar herabsank, wogegen die Muskelstärke gleichzeitig zunahm, wie aus den Versuchstabellen (s. unten) deutlich hervorgeht.

I. Die Versuche.

Meine Beobachtungen sind in folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt. Dieselben sind in ganz derselben Weise, wie in meiner früheren Arbeit angeordnet.

Reihe I.

Versuchsperson A. Körpergewicht 8. Juni 69·90 kg, 5. Juli 69·00 kg.

1894 Datum	Gesamtspannung kg	Minuten: Mittlere Maximalspannung in kg															Trainierungsdifferenz	Mittl. Maximalspannung währ. d. ersten 6 Min.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
6. Juni	15 430	105	105	95	90	80	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	91·7 kg
8. „	26 860	120	110	105	100	95	90	85	80	80	80	—	—	—	—	—	21	103·3 „
10. „	24 570	105	95	100	90	85	75	80	75	80	75	—	—	—	—	—	20	91·7 „
14. „	17 140	125	110	100	95	90	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	101·7 „
21. „	29 140	120	115	105	100	95	95	95	90	95	95	—	—	—	—	—	15	105·7 „
23. „	33 710	130	125	120	110	105	95	80	85	80	90	85	80	—	—	—	29	114·2 „
30. „	19 430	145	130	120	110	105	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	118·3 „
8. Juli	41 140	140	125	115	110	105	105	95	90	90	90	85	80	75	70	75	39	116·7 „

Im Versuche vom 6. Juni variiert die während den einzelnen Minuten geleistete Arbeit ziemlich viel, auch ist das Ergogramm ziemlich unregelmäßig. Wegen der kurzen Dauer des Versuches ist es schwer zu bestimmen, wann das relative Ermüdungsniveau[1] eintritt, weshalb sie approximativ auf die 6. Minute verlegt worden ist (in der Tabelle durch einen vertikalen Strich angedeutet). Die Trainierungsdifferenz[1] ist 20, die mittlere Maximalspannung im ganzen Versuche 91·7 kg und die Gesamtspannung = 15 430 kg. Das Protokoll gibt an: 3 Kilometer Lauf während 12 Minuten, dann 20 Minuten Ruhe, wonach der Versuch begann.

Das Ergogramm vom 8. Juni weist einen sehr gleichmäßigen Verlauf auf, was auch aus der mittleren Maximalspannung während der ein-

[1] Wegen dieser Bezeichnungen vgl. *dies Archiv.* Bd. XIX. 1906. S. 204, 206.

zelnen Minuten hervorgeht, indem diese so gut wie regelmäßig mit 5 kg bis zur 8. Minute sinkt, wo das relative Ermüdungsniveau bei einer Spannung von 80 kg eintrifft. Die Trainierungsdifferenz ist 21, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 103.3 kg[1] und die Gesamtspannung 26860 kg.

Im Versuch vom 10. Juni ist die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten nicht ganz gleichmäßig, sie sinkt jedoch sehr regelmäßig herab, wenn man je 2 und 2 Minuten zusammenfaßt (Differenz: 10, 5, 10, 5, 10, 5, 5, 5, 5). Das relative Ermüdungsniveau fällt auf die 6. Minute, die Trainierungsdifferenz ist 20, die mittlere Maximalspannung für die ersten 6 Minuten 91·7 kg und die Gesamtspannung 24570 kg. Das Protokoll gibt an: Laufen 4 Kilometer, sowie Rudern 1·5 Kilometer eine Stunde vor dem Versuche.

Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten im Versuche vom 14. Juni weist einen mehr schnellen Fall zum relativen Ermüdungsniveau bei der 5. Minute auf. Die Trainierungsdifferenz ist 15, die mittlere Maximalspannung im ganzen Versuche 101·7 kg und die Gesamtspannung = 17140 kg.

Der Versuch vom 21. Juni weist einen gleichmäßigen Verlauf auf. Das relative Ermüdungsniveau trifft bei der 5. Minute mit 95 kg Spannung ein, hält sich mit einer Ausnahme (8. Min.) bis zum Schlusse des Versuches auf dieser Höhe. Die Trainierungsdifferenz ist 15, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 105·7 kg und die Gesamtspannung = 29140 kg. Das Protokoll gibt an: starke Transpiration, Zimmertemperatur 21° C.

Der Versuch vom 23. Juni ist mit Hinsicht auf die mittlere Maximalspannung der einzelnen Minuten sehr ungleichmäßig. Das relative Ermüdungsniveau stellt sich — soweit man hier urteilen kann — auf die 7. Minute. Die Trainierungsdifferenz ist 29, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 114·2 kg und die Gesamtspannung = 33710 kg. Das Protokoll gibt an, daß die Bruststütze des Ergographen bei der 7., 9. und 12. Minute in Unordnung gekommen ist, was auch aus der Tabelle hervorgeht. Transpiration sehr lebhaft. Zimmertemperatur 20·5° C. Am Abende vorher 4 Kilometer Rudern.

Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten im Versuche vom 30. Juni bietet ein regelmäßiges Sinken dar. Zufolge der kurzen Dauer des Versuches kann der Eintritt des relativen Ermüdungsniveaus nicht bestimmt werden. Die mittlere Maximalspannung im Versuche beträgt 118·3 kg und die Gesamtspannung 19430 kg. Das Protokoll gibt an: 4 Kilometer Gehen etwa eine Stunde vor Beginn des Versuches. Am Abende vorher 6 Kilometer Rudern.

Im Versuch vom 8. Juli ist der Verlauf nicht ganz gleichmäßig. Das relative Ermüdungsniveau tritt doch recht scharf bei der 8. Minute

---

[1] Da die Versuche bei verschiedener Dauer ausgeführt wurden und die mittleren Maximalspannungen somit nicht miteinander verglichen werden können, habe ich dieselben in allen Versuchen für die 6 ersten Minuten berechnet.

ein. Die Trainierungsdifferenz ist 39, die mittlere Maximalspannung für die ersten 6 Minuten 116,7 kg und die Gesamtspannung = 41140 kg. Das Protokoll gibt an: forciertes Rudern zweimal täglich 6 Kilometer den 5., 6. und 7. Juli.

Faßt man diese Beobachtungen zusammen, so findet man, daß die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten im Verlaufe des Trainierens immer regelmäßiger abnimmt. Das relative Ermüdungsniveau tritt schärfer hervor und trifft früher ein. Sie erscheint im Versuch vom 8. Juni bei der 8. Minute, im Versuche vom 10. Juni bei der 6. Minute, in den Versuchen vom 14. und 21. Juni bei der 5. Minute, im Versuche vom 23. Juni bei der 7. Minute und im Versuche vom 8. Juli bei der 8. Minute. Hierbei muß indes bemerkt werden, daß die Versuche vom 23. Juni und 8. Juli unter störenden äußeren Einflüssen ausgeführt worden sind. Der Versuch vom 8. Juli ist wahrscheinlich zufolge schwerer Arbeit während der vorhergegangenen Tage im Zustand der Ermüdung ausgeführt worden. Schließt man diese zwei Versuche, welche mit den übrigen nicht streng verglichen werden können, aus, so findet man, daß im Laufe des Trainierens die Trainierungsdifferenz abnimmt, die mittlere Maximalspannung aber zunimmt. (Im Versuche vom 10. Juni ist die mittlere Maximalspannung niedrig; das Protokoll gibt an: Laufen und Rudern kurz vor dem Versuche.) Endlich wird die Gesamtspannung bei gleicher Versuchsdauer konstant größer.

Reihe II.

Versuchsperson B. Körpergewicht 8. Juni 67·30 kg, 5. Juli 66·00 kg.

1904 Datum	Gesamtspannung kg	Minuten															Trainierungsdifferenz	Mittl. Maximalspannung währ. d. ersten 6 Min.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
		Mittlere Maximalspannung in kg																
3. Juni	15 930	100	100	100	100	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100 kg
5. „	27 430	115	110	105	100	100	95	85	85	85	80	—	—	—	—	—	24	104·1 „
10. „	24 000	125	115	100	95	85	80	75	—	—	—	—	—	—	—	—	25	100 „
14. „	28 530	90	85	90	90	85	80	80	80	75	75	75	75	—	—	—	9	86·7 „
21. „	26 290	110	105	105	95	95	90	85	85	85	85	—	—	—	—	—	22	100 „
23. „	26 290	115	105	95	90	90	90	90	90	85	85	—	—	—	—	—	20	97·5 „
30. „	17 510	125	115	105	100	95	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	105 „
8. Juli	31 430	125	120	110	105	100	95	90	85	85	85	75	70	—	—	—	34	109·1 „

Im Versuche vom 3. Juni ist die mittlere Maximalspannung während der ganzen Versuchsdauer konstant. Dies beruht darauf, daß die Versuchsperson die Instruktionen mißverstanden hatte und sich vorstellte, daß der Versuch mit einer Spannung beginnen müßte, die bis zum Ende beibehalten werden konnte. Daher wurden die Kräfte in den ersten Minuten des Versuches gespart. Der Versuch ist somit mit den übrigen Versuchen nicht vergleichbar.

Die mittlere Maximalspannung für die ersten Minuten im Versuche vom 5. Juni sinkt fast regelmäßig herab. In der 7. Minute tritt das relative Ermüdungsniveau ein. Die Trainierungsdifferenz ist 24, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 104·1 kg und die Gesamtspannung = 27430 kg. Das Protokoll gibt an: Fußklonus ähnliche Krampfzuckungen im linken Beine.

Die Differenzen zwischen den mittleren Maximalspannungen für die einzelnen Minuten im Versuche vom 10. Juni sind ziemlich schwankend (10, 15, 5, 10, 5,5). Wegen dieser Ungleichmäßigkeit tritt das relative Ermüdungsniveau nicht scharf hervor, kann aber wohl auf die 7. Minute verlegt werden. Die Trainierungsdifferenz ist 25, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 100 kg und die Gesamtspannung 24000 kg. Das Protokoll gibt an: eine Stunde vor dem Versuche 1·5 Kilometer Rudern, Ruptur der Haut auf beiden Händen.

Der Versuch vom 14. Juni weist ungewöhnlich niedrige und schwankende mittlere Maximalspannungen für die ersten Minuten des Versuches auf. Das relative Ermüdungsniveau trifft bei der 6. Minute ein, die Trainierungsdifferenz ist 9, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 86·7 kg und die Gesamtspannung = 28530 kg. Das Protokoll gibt an: Arbeitete vorsichtig zufolge der sich am 10. Juni an den Händen zugezogenen Rupturen, lebhafte Transpiration, unbedeutende Ermüdung.

Im Versuche vom 21. Juni tritt das relative Ermüdungsniveau sehr deutlich bei der 4. Minute hervor. Die Trainierungsdifferenz ist 22, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 100 kg und die Gesamtspannung = 26290 kg. Das Protokoll gibt an: gelinde Transpiration.

Die mittlere Maximalspannung für die ersten Minuten im Versuche vom 23. Juni fällt bis zu der 4. Minute sehr regelmäßig auf das relative Ermüdungsniveau herab; dieses ist hier scharf markiert, hält sich gleichmäßig bis zum Ende des Versuches. Die Trainierungsdifferenz ist 20, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 97·5 kg und die Gesamtspannung = 26290 kg. Das Protokoll gibt an: am vorhergegangenen Abend 4 Kilometer Rudern.

Der Versuch vom 30. Juni ist ein Versuch von kurzer Dauer mit einem gleichmäßigen Verlauf in bezug auf die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten. Das relative Ermüdungsniveau erscheint bei der 6. Minute; die Trainierungsdifferenz ist 18, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 105 kg und die Gesamtspannung 17510 kg. Das Protokoll gibt an: am vorhergegangenen Abend 6 Kilometer Rudern.

Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten im Versuche vom 8. Juli fällt mit einer Ausnahme (3. Minute) sehr regelmäßig

ab, bis das relative Ermüdungsniveau bei der 8. Minute erscheint und sich konstant auf 85 kg hält, bis die unten erwähnten Störungen sich in den letzten Minuten des Versuches geltend machen. Die Trainierungsdifferenz stellt sich aus demselben Grunde relativ groß (34) dar. Dagegen hat die betreffende Störung keinen Einfluß auf die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten gehabt — diese bleibt 109·1 kg. Die Gesamtspannung ist 31430 kg. Das Protokoll gibt an: erschwertes Atmen gegen Ende des Versuches; den 5., 6., 7. Juli, zweimal täglich Rudern.

Vergleicht man diese Versuche untereinander, so findet man, daß die mittleren Maximalspannungen für die einzelnen Minuten im Verlaufe des Trainierens immer gleichmäßiger herabsinken, daß das relative Ermüdungsniveau schärfer und etwas frühzeitiger hervortritt. In den Versuchen vom 5. und 10. Juni tritt das relative Ermüdungsniveau bei der 7. Minute ein, im Versuche vom 14. Juni bei der 6. Minute, in den Versuchen vom 21. und 23. Juni bei der 4. Minute ein. Schließt man die Versuche vom 10. und 14. Juni sowie 8. Juli, bei welchen störende Einflüsse stattgefunden haben, aus, so nimmt die Trainierungsdifferenz während des Trainierens konstant ab. Die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten nimmt zu, ebenso die Gesamtspannung, berechnet für die gleiche Anzahl Minuten.

Reihe III.

Versuchsperson C. Körpergewicht 8. Juni 65·40 kg, 5. Juli 65·00 kg.

1904 Datum	Gesamtspannung kg	Minuten															Trainierungsdifferenz	Mittl. Maximalspannung währ. d. ersten 6 Min.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
		Mittlere Maximalspannung in kg																
4. Juni	32 570	115	110	105	105	105	100	100	95	95	90	90	—	—	—	—	16	106·7 kg
8. „	16 000	100	100	95	90	80	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	95·8 „
10. „	14 860	100	95	90	85	75	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	85·8 „
14. „	13 710	105	105	100	95	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	98 „
21. „	25 140	110	100	95	90	85	85	80	80	80	80	—	—	—	—	—	19	94·2 „
30. „	16 570	115	110	105	100	95	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	102·5 „
8. Juli	41 140	110	110	105	105	100	85	90	85	90	85	90	85	85	85	95	11	102·5 „

Im Versuche vom 4. Juni zeigt die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten, zu zwei und zwei zusammengefaßt, ein sehr regelmäßiges Herabsinken. Das relative Ermüdungsniveau scheint bei der 8. Minute einzutreffen oder liegt möglicherweise später. Die Trainierungsdifferenz ist

16, die mittlere Maximalspannung für die ersten 6. Minuten ist ungewöhnlich hoch — 106·7 kg — und die Gesamtspannung 32570 kg.

Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten im Versuche vom 8. Juni fällt fast regelmäßig auf ein scharf markiertes relatives Ermüdungsniveau bei der 5. Minute herab. Die Trainierungsdifferenz ist 19, die mittlere Maximalspannung für den Versuch ist 95·8 kg und die Gesamtspannung = 16000 kg.

Im Versuche vom 10. Juni fällt die mittlere Maximalspannung in den ersten Minuten regelmäßig, später aber (bei der 6. Minute) ziemlich rasch auf das relative Ermüdungsniveau, welches im Vergleich zu den früheren Versuchen eine sehr niedrige mittlere Maximalspannung darbietet. Die Trainierungsdifferenz ist 19, die mittlere Maximalspannung für den Versuch 85·8 kg und die Gesamtspannung = 14860 kg. Das Protokoll gibt keine speziell störenden Umstände an, doch scheint die Versuchsperson nach der kurzen Dauer des Versuches und der niedrigen mittleren Maximalspannung zu urteilen, nicht gut disponiert gewesen zu sein.

Der Versuch vom 14. Juni hat eine sehr kurze Dauer. Das relative Ermüdungsniveau trifft möglicherweise bei der 5. Minute ein, die Trainierungsdifferenz ist 16, die mittlere Maximalspannung für den Versuch im Ganzen (5. Min.) 98 kg und die Gesamtspannung 13710 kg. Das Protokoll gibt an: 2 Stunden Rudern, sowie ein Kilometer Laufen unmittelbar vor dem Versuche; an der rechten Hand entstanden Blasen.

Die mittlere Maximalspannung für die ersten Minuten im Versuche vom 21. Juni fällt sehr regelmäßig bis auf die 5. Minute, woselbst sich das relative Ermüdungsniveau bei einer Spannung von 85 kg deutlich einstellt. Die Trainierungsdifferenz ist 19, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 94·2 kg und die Gesamtspannung 25140 kg. Das Protokoll enthält: am 19. Juni 20 Kilometer Rudern und am Abend des 20. Juni 6 Kilometer Rudern; die Muskeln taten wehe; Blasen auf den Händen; etwas erhöhte Transpiration; Zimmertemperatur 21° C.

Im Versuche vom 30. Juni fällt die mittlere Maximalspannung für die verschiedenen Minuten völlig regelmäßig mit 5 kg Differenz von Minute zu Minute bis zum Ende des Versuches ab, wo das relative Ermümüdungsniveau wahrscheinlich auftritt. Die Trainierungsdifferenz ist 15, die mittlere Maximalspannung für den Versuch 102·5 und die Gesamtspannung 16570 kg. Das Protokoll gibt an: am vorhergegangenen Abende 6 Kilometer Rudern.

Der Versuch vom 8. Juli weist einen ungewöhnlich regelmäßigen Verlauf hinsichtlich der mittleren Maximalspannungen der einzelnen Minuten, zu zwei und zwei zusammengefaßt, auf. Bei der 6. Minute tritt das relative Ermüdungsniveau deutlich markiert auf. Die Trainierungsdifferenz ist 11, die mittlere Maximalspannung für die ersten 6 Minuten 102,5 kg und die Gesamtspannung = 41140 kg. Das Protokoll besagt: Saß schlecht beim Ziehen; zahlreiche Blasen auf beiden Händen; am 5, 6. und 7. Juli zweimal täglich Rudern. Daß der Versuch ungeachtet dieser störenden

Umstände keine Spur von deren Einfluß zeigt, läßt auf eine nicht gewöhnliche Energie bei der Versuchsperson schließen.

Bei einem Vergleich dieser Versuche tritt der gut trainierte Zustand der Versuchsperson schon vom ersten Versuche an zutage. Der einzige Versuch, bei der die Versuchsperson indisponiert gewesen zu sein scheint, ist der Versuch vom 10. Juni, sonst aber scheint sie jedem störenden äußeren Einflusse getrotzt zu haben (14. und 21. Juni, 8. Juli).

In der ergographischen Literatur gilt es als eine festgestellte Tatsache, daß z. B. Schmerzempfindungen störend auf das Ergogramm wirken. Im Falle C kommt solches nicht vor.[1]

Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten innerhalb desselben Versuches fällt im allgemeinen sehr regelmäßig herab. Das relative Ermüdungsniveau tritt in allen Versuchen ziemlich konstant etwa zu der gleichen Zeit ein. Die Trainierungsdifferenz ist ziemlich konstant, wird indessen merkbar geringer bei den letzten Versuchen (30. Juni, 8. Juli). Die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten zeigt mit wenigen Ausnahmen eine deutliche Steigerung von dem einen Versuche zum anderen. Die Gesamtspannung für die gleiche Anzahl Minuten im Versuche wächst im Verlaufe der Trainierung.

Reihe IV.

Versuchsperson D. Körpergewicht 8. Juni 64·50 kg, 5. Juli 64·30 kg.

1904 Datum	Gesamtspannung kg	Minuten															Trainierungsdifferenz	Mittl. Maximalspannung währ. d. ersten 6 Min.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
		Mittlere Maximalspannung in kg																
8. Juni	16 570	115	105	105	100	85	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	99·2 kg
10. „	24 000	110	100	95	90	80	75	70	70	70	75	—	—	—	—	—	16	91·7 „
14. „	17 140	105	100	105	100	95	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	99·2 „
21. „	26 860	120	115	105	95	90	85	85	85	85	85	—	—	—	—	—	20	101·7 „
30. „	20 570	125	120	110	100	90	80	75	—	—	—	—	—	—	—	—	29	104·2 „
8. Juli	41 140	130	125	115	110	100	95	85	85	90	90	95	90	90	80	95	18	112·5 „

[1] Dieses gibt mir Anlaß, einen ähnlichen Fall aus später angestellten Versuchen zu erwähnen, wo eine Versuchsperson, trotz blutiger Hände, den Versuch fortsetzte, ohne daß der Verlauf desselben auf irgend eine merkbare Art verändert wurde. Die Versuchsperson gab an, daß die Schmerzempfindung sehr schnell vorüberging.

Der Versuch vom 8. Juni hat einen ungleichmäßigen Verlauf. Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten variiert bedeutend (Differenzen: 10, 0, 5, 15, 0). Das relative Ermüdungsniveau trifft bei der 5. Minute ein. Die Trainierungsdifferenz ist 21, die mittlere Maximalspannung für den Versuch 99·2 kg und die Gesamtspannung 16570 kg.

Der Versuch vom 10. Juni hat auch bei den ersten Minuten einen ungleichmäßigen Verlauf, zeigt aber ein gut markiertes Ermüdungsniveau bei der 7. Minute. Die Trainierungsdifferenz ist 16, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 91·7 kg und die Gesamtspannung 24000 kg. Das Protokoll gibt an: 3 Kilometer Rudern eine Stunde vor dem Versuche.

Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten im Versuche vom 14. Juni differiert konstant mit 5 kg und ist ungewöhnlich gleichmäßig, wenn man je zwei und zwei Minuten zusammenfaßt. Das relative Ermüdungsniveau ist nicht markiert, dürfte aber auf die 6. Minute verlegt werden können. — Die Trainierungsdifferenz ist 11, die mittlere Maximalspannung für den Versuch 99·2 kg und die Gesamtspannung 17140 kg. Das Protokoll gibt an, daß die Versuchsperson am vorhergegangenen Tage kein Abendbrot gegessen hatte, ebensowenig Frühstück am Versuchstage (der Versuch wurde 1 Uhr 40 Minuten nachmittags ausgeführt; nach der Arbeit keine Müdigkeit).

Der Versuch vom 21. Juni ist hinsichtlich der mittleren Maximalspannung für die ersten Minuten nicht völlig regelmäßig ausgefallen, weist jedoch eine scharf markierte Grenze für das relative Ermüdungsniveau auf, welches bei der 6. Minute erreicht ist. Die Trainierungsdifferenz ist 20, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 101·7 kg und die Gesamtspannung = 26860 kg. Das Protokoll besagt: am 19. Juni 20 Kilometer Rudern; am 20. Juni 6 Kilometer Rudern; unmittelbar vor dem Versuch 5 Kilometer Radfahren, Transpiration während des Versuches enorm; Zimmertemperatur 21° C.

Der Versuch vom 30. Juni ist ungewöhnlich gleichmäßig. Die mittlere Maximalspannung für die einzelnen Minuten fällt fast konstant mit 10 kg Minute für Minute, bis das relative Ermüdungsniveau bei der 7. Minute erreicht ist. Die Trainierungsdifferenz ist 29, die mittlere Maximalspannung in den 6 ersten Minuten 104·2 kg und die Gesamtspannung = 20570 kg. Das Protokoll gibt an, daß der Versuch auf nüchternen Magen ausgeführt ist; 4 Kilometer Spaziergang unmittelbar vor dem Versuche; Hautwunden in der Hand schon vor Beginn des Versuches.

Die mittlere Maximalspannung für die ersten Minuten im Versuche vom 8. Juli hat einen sehr regelmäßigen Verlauf (Differenzen: 5, 10, 5, 10, 5, 10), Das relative Ermüdungsniveau tritt scharf bei der 7. Minute ein. Die Trainierungsdifferenz ist 18, die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten 112·5 kg und die Gesamtspannung = 41140 kg. Das Protokoll besagt: der Versuch wurde auf nüchternem Magen ausgeführt; 4 Kilometer Spaziergang unmittelbar vor dem Versuche; den 5., 6. und 7. Juli zweimal täglich Rudern.

Ein Vergleich dieser Versuche weist bemerkenswerte Veränderungen während der Trainierung auf. Die mittlere Maximalspannung fällt immer gleichmäßiger ab (vgl. Versuche vom 8. und 30. Juni); die Trainierungsdifferenz sinkt von 21 im Versuche vom 8. Juni auf 18 im Versuche vom 8. Juli. Daß sie im Versuche vom 30. Juni einen ungewöhnlich hohen Wert hat, beruht deutlich auf dem exzeptionell niedrigen Wert (75 kg), welchen die letzte Minute aufweist, und welcher sich wahrscheinlich erhöht haben würde, falls der Versuch länger gedauert hätte. Die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten steigt vollkommen konstant (falls man vom ersten Versuch absieht, wo die ungewöhnliche Arbeitsweise wahrscheinlich die Koordination der betätigten Muskelgruppen beeinflußt hat) von Versuch zu Versuch in der ganzen Reihe. Das relative Ermüdungsniveau trifft ziemlich regelmäßig bei der 6. und 7. Minute ein. Die Gesamtspannung für dieselbe Anzahl Minuten nimmt nicht unwesentlich zu.

II. Resultate.

Stellt man nun die oben in den Tabellen I, II, III und IV mitgeteilten Beobachtungen zusammen, so findet man, daß bei allen vier Versuchspersonen dieselben Erscheinungen mehr oder minder ausgeprägt hervortreten.

Wenn man in jeder einzelnen Reihe die mittlere Maximalspannung für die erste Minute in den verschiedenen Versuchen vergleicht, so findet man, daß die mittlere Maximalspannung im Verlaufe der Trainierung sukzessive zunimmt (Tab. IV Versuche vom 14., 21., 30. Juni, 8. Juli bzw. 105, 120, 125, 130).[1] Dasselbe Verhältnis tritt überhaupt zum Vorschein, wenn man in jeder Reihe die einander entsprechenden Minuten der einzelnen Versuche vergleicht. Demgemäß nimmt im Verlaufe des Trainierens die mittlere Maximalspannung für die 6 ersten Minuten stetig zu.

Die kurze Dauer der Versuche hat ohne Zweifel verursacht, daß die Grenze für das relative Ermüdungsniveau nicht immer mit der wünschenswerten Genauigkeit hat bestimmt werden können: aus derselben Ursache ist die Bestimmung der Trainierungsdifferenz weniger genau geworden.

In Versuchen mit wenigen Minuten wird die Trainierungsdifferenz im allgemeinen höher und in Versuchen, wo die Versuchspersonen

[1] Hierbei müssen indessen die 2 oder 3 ersten Versuche jeder Reihe ausgeschlossen werden, da hier die noch unvollkommene Übung bei der Arbeit am Ergographen auf den Versuch störend eingewirkt hat.

einen sog. Schlußspurt (8. Juli Tab. III u. IV) angewandt haben, wird sie exzeptionell gering. Die Trainierungsdifferenz muß deshalb in Versuchen von längerer Dauer, wo aber der Schlußspurt eliminiert wird, einen mehr exakten Wert erhalten.

Dasselbe gilt auch in bezug auf die mittlere Maximal- und die Gesamtspannung. Die oben angeführten Versuche dürften doch, trotz ihrer geringen Dauer, eine Andeutung darüber geben können, welche Veränderungen man bei konsequent durchgeführten Trainierungsversuchen zu konstatieren hat.

In Kürze zusammengefaßt sind dieselben folgende:

Im Verlauf des Trainierens werden die Differenzen zwischen den mittleren Maximalspannungen der einzelnen Minuten in einem und demselben Versuche regelmäßiger; die Trainierungsdifferenz nimmt ab; die mittleren Maximalspannungen und Gesamtspannungen nehmen zu. Das relative Ermüdungsniveau trifft fast konstant bei derselben Minute ein, kann jedoch möglicherweise auch etwas früher erscheinen, wahrscheinlich aber nicht später. Über den Eintritt der definitiven Ermüdung kann wegen der kurzen Dauer der Versuche nichts gesagt werden.

Aus diesen Versuchen kann, jedoch mit der von der geringen Zahl der Versuchsreihen bedingten Reserve, betreffend das Trainieren noch folgendes hergeleitet werden:

Um den Maximalwert der Spannung eines Muskels oder einer Muskelgruppe zu erreichen, ist es notwendig, das Koordinationsvermögen der betreffenden Muskeln auszubilden. Dasselbe ist seinerseits von der mehr oder weniger kräftigen Innervation, derer die Versuchsperson mächtig ist, abhängig.

Im Verlaufe der Trainierung wächst die Intensität der Innervation; die Versuchsperson erlangt somit die Fähigkeit, auf kürzere Zeit größere Energie zu entwickeln. Da diese Fähigkeit nicht unbegrenzt ist, so erscheint dann das relative Ermüdungsniveau früher als sonst. Zu gleicher Zeit können die trainierten Muskeln auf dieser Stufe der Ermüdung länger bleiben; die definitive Ermüdung muß daher später eintreffen.

Ebenso scheint es mir, daß die bei der letzteren erzielbare Spannung infolge des Trainierens etwas größer als sonst sein muß, was auch daraus hervorgeht, daß die Trainierungsdifferenzen im Verlaufe der Trainierung allmählich geringer werden.

Zu sehr in die Augen fallend, um hier übergegangen zu werden, ist der eigentümliche Umstand, daß die Gesamtspannungen im letzten

Versuche (8. Juli) bei allen Versuchspersonen (mit Ausnahme von B Tab. II, welcher gezwungen war, den Versuch abzubrechen) genau die gleiche ist.

Wenn man von den Differenzen des Körpergewichtes, die nicht mehr als im Maximum 5 kg betrugen, absieht, waren die Versuchspersonen in bezug auf ihre Körperkonstitution und Muskelentwickelung ziemlich verschieden.

Daß sie dessenungeachtet beim letzten Versuche genau dieselbe Gesamtspannung, 41140 kg auf dieselbe Zeit (15 Min.) prestierten, dürfte die Vermutung unterstützen, daß innerhalb gewisser Grenzen nicht die Muskelmasse an und für sich, sondern die mehr oder weniger intensive Innervation die entscheidende Rolle in bezug auf die Entwicklung der maximalen Leistung des Muskels spielt.

Annalen der Naturphilosophie.

Herausgegeben von

Wilhelm Ostwald,

o. ö. Professor der physikalischen Chemie an der Universität Leipzig.

Die „Annalen der Naturphilosophie" erscheinen in zwanglosen Heften. Drei bis vier Hefte bilden einen Band; sein Preis beträgt durchschnittlich 14 *M*.

Archiv für Anatomie und Physiologie.

Fortsetzung des von Reil, Reil und Autenrieth, J. F. Meckel, Joh. Müller, Reichert und du Bois-Reymond herausgegebenen Archives.

Herausgegeben von

Dr. Wilh. Waldeyer, und **Dr. Th. W. Engelmann,**

Prof. der Anatomie an der Universität Berlin, Prof. der Physiologie an der Universität Berlin.

Vom „Archiv für Anatomie und Physiologie" erscheinen jährlich 12 Hefte mit Abbildungen im Text und Tafeln. 6 Hefte davon entfallen auf den anatomischen und 6 auf den physiologischen Teil. Der Preis des Jahrganges ist 54 *M*.

Die anatomische Abteilung (Archiv für Anatomie und Entwicklungsgeschichte) kostet bei Einzelbezug 40 *M*, die physiologische Abteilung (Archiv für Physiologie) 26 *M*.

Skandinavisches Archiv für Physiologie.

Herausgegeben von

Dr. Robert Tigerstedt,

o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Helsingfors.

Das „Skandinavische Archiv für Physiologie" erscheint in Bänden von 5—6 Heften mit Abbildungen im Text und Tafeln. Der Preis des Bandes beträgt 22 *M*.

Neurologisches Centralblatt.

Übersicht der Leistungen auf dem Gebiete der Anatomie, Physiologie, Pathologie und Therapie des Nervensystems einschliesslich der Geisteskrankheiten.

Herausgegeben von

Prof. Dr. E. Mendel in Berlin.

Monatlich erscheinen zwei Hefte. Preis des Jahrganges 24 *M*.

Centralblatt für praktische Augenheilkunde.

Herausgegeben von

Prof. Dr. J. Hirschberg in Berlin.

Monatlich ein Heft. Preis des Jahrganges 12 *M*; bei direkter Zusendung unter Streifband 12 *M* 80 *Pf*

Dermatologisches Centralblatt.

Internationale Rundschau auf dem Gebiete der Haut- und Geschlechtskrankheiten.

Herausgegeben von

Dr. Max Joseph in Berlin.

Monatlich eine Nummer. Preis des Jahrganges 12 *M*. Der Jahrgang beginnt im Oktober.

Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Robert Koch,

Geh. Medicinalrath,

Prof. Dr. C. Flügge und **Prof. Dr. G. Gaffky,**

Geh. Medicinalrath und Director des hygienischen Instituts der Universität Breslau, Geh. Medicinalrath und Director des Instituts für Infektionskrankheiten zu Berlin

Die *„Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten"* erscheint in Bänden von 30—35 Druckbogen mit Abbildungen und Tafeln, die in zwanglosen Heften zur Ausgabe gelangen. Einzelne Hefte sind nicht käuflich. Der Preis eines Bandes beträgt durchschnittlich 20 *M*.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.